

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Inventors: A. YOKOYAMA  
Application No.: New Patent Application  
Filed: January 12, 2004  
For: FILTER

CLAIM FOR PRIORITY

Honorable Commissioner of  
Patents and Trademarks  
Washington, D.C. 20231

Sir:

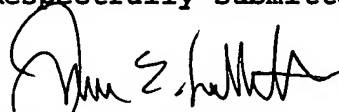
The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified application and the priority provided in 35 USC 119 is hereby claimed:

Japanese Appln. No. 2003-061418, filed March 7, 2003.

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 USC 119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,



James E. Ledbetter  
Registration No. 28,732

Date: January 12, 2004

JEL/apg  
Attorney Docket No. L8462.04101  
STEVENS, DAVIS, MILLER & MOSHER, L.L.P.  
1615 L Street, NW, Suite 850  
P.O. Box 34387  
Washington, DC 20043-4387  
Telephone: (202) 785-0100  
Facsimile: (202) 408-5200

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2003年 3月 7日

出願番号  
Application Number:

特願2003-061418

[ST.10/C]:

[JP2003-061418]

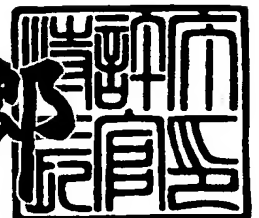
出願人  
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2003年 4月25日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3030860

【書類名】 特許願

【整理番号】 2924040072

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H03H 11/12

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地  
                    松下電器産業株式会社内

    【氏名】 横山 明夫

【特許出願人】

    【識別番号】 000005821

    【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100076174

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 宮井 暎夫

【選任した代理人】

    【識別番号】 100105979

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 伊藤 誠

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 010814

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0212624

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 フィルタ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え、

前記第2の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたフィルタ。

【請求項2】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算する第3のトランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え、

前記第2の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたフィルタ。

【請求項3】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサと

らなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算する第4のトランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え

前記第2の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたフィルタ。

【請求項4】 第3のトランスコンダクタンス回路のトランスコンダクタンス値が第4のトランスコンダクタンス回路のトランスコンダクタンス値より大きいことを特徴とする請求項3記載のフィルタ。

【請求項5】 第3のトランスコンダクタンス回路のトランスコンダクタンス値が第4のトランスコンダクタンス回路のトランスコンダクタンス値より小さいことを特徴とする請求項3記載のフィルタ。

【請求項6】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え、

前記第2の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたノッチフィルタ。

【請求項7】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算する第3のトランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え、

前記第2の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたノッチフィルタ。

【請求項8】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算する第4のトランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え

前記第2の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第2のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたノッチフィルタ。

【請求項 9】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第 1 のトランスコンダクタンス回路と、第 1 のコンデンサとからなる第 1 の積分器と、

前記第 1 の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第 2 のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第 2 のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算する第 3 のトランスコンダクタンス回路と、第 2 のコンデンサとからなる第 2 の積分器とを備え、

前記第 2 の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第 2 のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたオールパスフィルタ。

【請求項 10】 フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第 1 のトランスコンダクタンス回路と、第 1 のコンデンサとからなる第 1 の積分器と、

前記第 1 の積分器の出力電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第 2 のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第 2 のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算する第 3 のトランスコンダクタンス回路と、前記フィルタ入力端子の電圧と前記フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換して前記第 2 のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算する第 4 のトランスコンダクタンス回路と、第 2 のコンデンサとからなる第 2 の積分器とを備え、

前記第 2 の積分器の出力電圧と前記フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり

前記第 2 のトランスコンダクタンス回路の出力端子を前記フィルタ出力端子としたオールパスフィルタ。

【請求項 11】 正相フィルタ入力端子の電圧および負相フィルタ入力端子の電圧の差を電圧電流変換する第 1 の全差動トランスコンダクタンス回路と、正

相フィルタ出力端子の電圧および負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第2の全差動トランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の正極性出力端子の電圧と負極性出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3の全差動トランスコンダクタンス回路と、前記正相フィルタ入力端子の電圧と前記正相フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換し、出力電流を前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に正極性で加算する第4の全差動トランスコンダクタンス回路と、前記負相フィルタ入力端子の電圧と前記負相フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換し、出力電流を前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に逆極性で加算する第5の全差動トランスコンダクタンス回路と、前記正相フィルタ出力端子と負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第6の全差動トランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え、

前記第2の積分器の正極性出力端子の電圧と前記正相フィルタ入力端子の電圧とを加算するとともに、前記第2の積分器の負極性出力端子の電圧と前記負相フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり、

前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の正極性出力端子および負極性出力端子を前記正相フィルタ出力端子および前記負相フィルタ出力端子としたフィルタ。

【請求項12】 正相フィルタ入力端子の電圧および負相フィルタ入力端子の電圧の差を電圧電流変換する第1の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ出力端子の電圧および負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第2の全差動トランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサとからなる第1の積分器と、

前記第1の積分器の正極性出力端子の電圧と負極性出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ入力端子の電圧および負相フィルタ入力端子の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に正極性で加算する第4の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ入力端子の電圧およ



び負相フィルタ入力端子の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に逆極性で加算する第5の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ出力端子の電圧および負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に正極性で加算する第6の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ出力端子の電圧および負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に逆極性で加算する第7の全差動トランスコンダクタンス回路と、前記正相フィルタ出力端子と負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第8の全差動トランスコンダクタンス回路と、第2のコンデンサとからなる第2の積分器とを備え、

前記第2の積分器の正極性出力端子の電圧と前記正相フィルタ入力端子の電圧とを加算するとともに、前記第2の積分器の負極性出力端子の電圧と前記負相フィルタ入力端子の電圧とを加算してなり、

前記第3の全差動トランスコンダクタンス回路の正極性出力端子および負極性出力端子を前記正相フィルタ出力端子および前記負相フィルタ出力端子としたフィルタ。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は通信分野等で使用される高精度のフィルタに関するものである。とりわけ減衰量を制御できるノッチフィルタに関するものである。

##### 【0002】

#### 【従来の技術】

図4は従来のノッチフィルタ回路の一例を示すブロック図であり、バイカッド型の2次ノッチフィルタを構成している。図4において、1は入力端子（入力電圧 $V_{in}$ ）を示している。2, 3はトランスコンダクタンス回路（トランスコンダクタンス値 $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$ ）を示している。8, 9は電圧バッファ回路を示している。6, 7はコンデンサ（容量値 $C_1$ ,  $C_2$ ）を示している。また、12は

接地端子を示し、10はフィルタ出力端子（出力電圧 $V_o$ ）を示している。

【0003】

このバイカッドフィルタ回路はノッチフィルタを構成する。出力電圧の入力電圧に対する伝達関数 $H(s)$ は、トランスコンダクタンス回路2、3のトランスコンダクタンス値を $g_{m1}$ 、 $g_{m2}$ とすれば、以下のごとくに与えられる。ただし、 $s=j\omega$ とする。

【0004】

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o / V_{in} \\ &= (s^2 + g_{m1} \cdot g_{m2} / (C_1 \cdot C_2)) \\ &\quad / (s^2 + s \cdot (g_{m2} / C_2) + g_{m1} \cdot g_{m2} / (C_1 \cdot C_2)) \quad \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

ここで、トランスコンダクタンス回路2の具体的な回路構成の一例を図10に示す。トランスコンダクタンス回路3についても同様の回路構成であり、後述の実施の形態（図1）で追加されているトランスコンダクタンス回路についても同様である。図10において、符号2Aは正極性入力端子を示し、符号2Bは負極性入力端子を示し、符号2Cは出力端子を示し、符号M1、M2、M3はそれぞれMOSトランジスタを示し、符号IA1、IA2はそれぞれ電流源を示している。Vddはトランスコンダクタンス回路に加えられる電源電圧（基準電圧）、Vcはトランスコンダクタンス回路に加えられる制御電圧である。

【0005】

MOSトランジスタM1、M2、M3はトランスコンダクタンスを構成している。トランスコンダクタンス値 $g_{m1}$ は、MOSトランジスタM3に流れる電流を $2I_o$ とし、利得定数を $\beta$ としたときに、

$$g_{m1} = \sqrt{(\beta I_o / 2)}$$

となる。ただし、利得定数 $\beta$ は、

$$\beta = \mu C_{ox} (W/L)$$

である。ここで、 $\mu$ は移動度、 $C_{ox}$ はゲート酸化膜容量、Wはゲート幅、Lはゲート長である。

【0006】

したがって、MOSトランジスタM3のゲート電圧Vcを制御することによっ

てトランスコンダクタンス値  $g_{m1}$  の値を制御することができる。

【0007】

図6は従来の2次ノッチフィルタの他の例を示すブロック図である。図6において、1Aは正相フィルタ入力端子（入力電圧  $V_{in}/2$ ）、1Bは負相フィルタ入力端子（入力電圧  $-V_{in}/2$ ）を示している。20, 30, 13, 14は全差動トランスコンダクタンス回路（トランスコンダクタンス値  $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$ ,  $g_{m5}$ ,  $g_{m6}$ ）を示している。60, 71, 72はコンデンサ（容量値  $C_1$ ,  $C_{21}$ ,  $C_{22}$ ）を示している。10A, 10Bは正相フィルタ出力端子および負相フィルタ出力端子（出力電圧  $V_o$ ）を示している。そして、正相フィルタ出力端子10Aおよび負相フィルタ出力端子10B間より出力がとりだされ、全差動タイプのノッチフィルタが構成される。

【0008】

全差動トランスコンダクタンス回路20, 30, 13, 14のトランスコンダクタンス値をそれぞれ  $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$ ,  $g_{m5}$ ,  $g_{m6}$  とし、コンデンサ71, 72の容量値を  $C_{21}$ ,  $C_{22}$  とし、 $C_{21}=C_{22}=2C_2$  とすると、正相フィルタ出力端子10Aおよび負相フィルタ出力端子10B間の出力電圧の入力電圧に対する伝達関数  $H(s)$  は以下のごとくに与えられる。ただし、 $s=j\omega$  である。

【0009】

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o/V_{in} \\ &= (s^2 + g_{m1} \cdot g_{m6} / (C_1 \cdot C_2)) \\ &\quad / (s^2 + s \cdot (g_{m2}/C_2) + g_{m5} \cdot g_{m6} / (C_1 \cdot C_2)) \end{aligned}$$

..... (2)

ここで、トランスコンダクタンス回路20の具体的な回路構成の一例を図11に示す。トランスコンダクタンス回路30, 13, 14についても同様であり、後述の実施の形態（図2、図3）で追加されているトランスコンダクタンス回路についても同様である。図11において、符号20Aは正極性入力端子を示し、符号20Bは負極性入力端子を示し、符号20Cは正極性出力端子を示し、符号20Dは負極性出力端子を示し、符号M11, M12, M13はそれぞれMOSトランジスタを示し、符号IB1, IB2はそれぞれ電流源を示している。Vd

d はトランスコンダクタンス回路に加えられる電源電圧（基準電圧）、 $V_c$  はトランスコンダクタンス回路に加えられる制御電圧である。

【0010】

MOS トランジスタ  $M_{11}$ ,  $M_{12}$ ,  $M_{13}$  はトランスコンダクタンスを構成している。トランスコンダクタンス値  $g_{m1}$  は、MOS トランジスタ  $M_{13}$  に流れる電流を  $2I_o$  とし、利得定数を  $\beta$  としたときに、

$$g_{m1} = \sqrt{(\beta I_o / 2)}$$

となる。ただし、利得定数  $\beta$  は、

$$\beta = \mu C_{ox} (W/L)$$

である。ここで、 $\mu$  は移動度、 $C_{ox}$  はゲート酸化膜容量、 $W$  はゲート幅、 $L$  はゲート長である。

【0011】

したがって、MOS トランジスタ  $M_{13}$  のゲート電圧  $V_c$  を制御することによってトランスコンダクタンス値  $g_{m1}$  の値を制御することができる。

【0012】

図8は従来の2次オールパスフィルタの一例を示すブロック図である。図8において、17はオペアンプを示し、オペアンプ17は反転アンプを示す。15, 16は抵抗（抵抗値  $R_2$ ,  $R_2'$ ）を示している。600, 700はコンデンサ（容量値  $C_1$ ,  $C_2$ ）を示している。また12は接地端子を示し、1Cは信号入力端子（入力電圧  $V_{in}$ ）、10Cは信号出力端子（出力電圧  $V_o$ ）を示している。200, 300はトランスコンダクタンス回路（トランスコンダクタンス値が  $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$  のアンプ）を示す。80, 90は電圧バッファ回路を示す。

【0013】

それぞれのトランスコンダクタンス回路200, 300のトランスコンダクタンス値を  $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$  とすると、このフィルタ回路のオペアンプ17の出力はオールパスフィルタを示す。オペアンプ17の出力電圧の入力電圧に対する伝達関数  $H(s)$  は以下のごとくに与えられる。ただし、 $S=j\omega$ ,  $R_2=R_2'$  とすると、

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o / V_{in} \\ &= (s^2 - s \cdot g_{m2} / C_2 + (g_{m1} \cdot g_{m2} / (C_1 \cdot C_2))) \end{aligned}$$

$$/(s^2 + s(gm2/C2) + gm1 \cdot gm2/(C1 \cdot C2))$$

..... (3)

と表され、オールパスフィルタを構成する。

【0014】

従来、オペアンプを使用したアクティブフィルタやトランスコンダクタンス回路を使用したフィルタは、一般にオペアンプやトランスコンダクタンス回路の有限利得や、有限周波数特性による理想からのずれのため、目標特性からの乖離がしばしば起きていた。とりわけ選択度の高い急峻なフィルタや、減衰量の大きなノッチフィルタではその乖離が大きくなり、特性の実現が難しかった。

【0015】

図5にトランスコンダクタンス回路2に有限の寄生出力抵抗11を付加したノッチフィルタを示す。このフィルタの伝達関数H(s)は、トランスコンダクタンス回路2の出力抵抗11の抵抗値をRLとし、他は図4と同様とすると、このノッチフィルタの伝達関数H(s)は以下のごとくで与えられる。

【0016】

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o / V_{in} \\ &= (s^2 + s / (C1 \cdot RL) + gm1 \cdot gm2 / (C1 \cdot C2)) \\ &\quad / (s^2 + s \cdot (1 / (C1 \cdot RL) + gm2 / C2) + (gm1 + 1 / RL) \cdot gm2 / (C1 \cdot C2)) \end{aligned}$$

..... (4)

式(4)から明らかなように伝達関数H(s)の分子に1次の項が残ってしまう。

【0017】

ここで、抵抗値RLが無限大の時は式(1)と同じとなるが、一般に抵抗値RLは有限であるため、ノッチの深さは無限大ではなく有限値となる。また、特性周波数や選択度も理想からずれてくる。積分器に対しては、抵抗11(抵抗値RL)は位相進み要素である。また、抵抗値RLは無限大であるが、トランスコンダクタンス値gm1の周波数特性のみを1次ローパスフィルタと近似し、その伝達関数をG(s) = ωa / (s + ωa)とすると、ノッチフィルタの伝達関数H(s)は以下のごとくに近似できる。

【0 0 1 8】

$$\begin{aligned}
 H(s) &= V_o / V_{in} \\
 &= (s^2 - s(gm1 \cdot gm2 / (C1 \cdot C2 \cdot \omega a) + gm1 \cdot gm2 / (C1 \cdot C2)) \\
 &\quad / (s^2 + s \cdot (gm2 / C2 - gm1 \cdot gm2 / (C1 \cdot C2 \cdot \omega a)) + (gm1 \cdot gm2 / (C1 \cdot C2))) \\
 &\quad \dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

したがって、式(4)式と同様に伝達関数 $H(s)$ の分子に1次の項が残ってしまい、各角周波数 $\omega a$ が無限大でない限り減衰量は無限大にはならない。

【0 0 1 9】

図7に $gm1$ ,  $C1$ ,  $RL$ からなる積分器の特性例を示す。図7において、おおよそ、利得と位相は $C1$ と $RL$ で決まる最初のポールから変化しはじめ、トランスコンダクタンス回路の周波数特性で決まる第2のポールでもう一度変化し始める。したがって、使用する周波数が積分器の特性のどこかによって位相遅れか、もしくは位相進みの積分器として使用されることとなる。なお、利得の変化点がポールの変化点であり、1回目のポールで位相は0度から-90度まで変化する。

【0 0 2 0】

理想的には積分器の位相は周波数によらず-90度で一定のはずであるが、図6の例で示した周波数では少し位相遅れの状態で使用されることとなり、フィルタ特性が目標とずれてくることとなる。

【0 0 2 1】

このことに対する従来実施されてきた一つの対策は、Yannis P. Tsividis, 「Integrated Continuous-Time Filter Design-An Overview」、IEEE Journal of Solid-State Circuits. Vol.29, No.3, March 1994 pp166~173に記載されているように、オペアンプの位相補償などと同様、容量 $C1$ に直列に抵抗 $r$ を挿入して位相補償することである。

【0 0 2 2】

一般には、 $\omega a = 1 / (C1 \cdot r)$  付近に抵抗 $r$ の値が選ばれる。

【0 0 2 3】

【非特許文献1】

Yannis P. Tsividis, 「Integrated Continuous-Time Filter Design—An Overview」、IEEE Journal of Solid-State Circuits. Vol.29, No3, March 1994 pp166~173

【0024】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、トランジスタで構成されるトランスコンダクタンス回路を順抵抗で補正することは、素子バラツキに弱く、また位相進み要素には使うことができない。

【0025】

このため、特に位相の変化に敏感なノッチフィルタでは十分な特性をだすことが難しかった。また、同様に全通過帯域フィルタは利得は一定で位相の変化のみを利用しようとするものであり、同様な課題が存在していた。

【0026】

図9にノッチフィルタ等の特性図を示す。図9において、トランスコンダクタンス回路やオペアンプの非理想効果によって、本来図9（a）のような特性が目標であっても、同図（b）のように減衰量不十分なノッチ特性となってしまうことがある。また、同図（c）のようなオールパスフィルタが目標であっても、トランスコンダクタンス回路やオペアンプの非理想効果によって、同図（b）または同図（d）のような特性になってしまうことがある。

【0027】

そこで、本発明の目的は、例えばノッチフィルタやオールパスフィルタに対して、このような問題を解決し、精度の出しやすく、素子ばらつきに強いフィルタを提供するである。

【0028】

また、本発明の他の目的は、充分大きな減衰量を得ることができるノッチフィルタを提供することである。

【0029】

また、本発明の他の目的は、高い精度のオールパスフィルタを提供することである。

## 【0030】

## 【課題を解決するための手段】

本発明の請求項1記載のフィルタは、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路(2)と、第1のコンデンサ(6)とからなる第1の積分器と、

第1の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路(3)と、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換して第2のトランスコンダクタンス回路(3)の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路(4)と、第2のコンデンサ(7)とからなる第2の積分器とを備えている。

## 【0031】

そして、第2の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子(1)の電圧とを加算してなり、第2のトランスコンダクタンス回路(3)の出力端子をフィルタ出力端子(10)としている。

## 【0032】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3のトランスコンダクタンス回路を設け、第3のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算するようにしたので、第3のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1または第2のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ベルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、第1または第2のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

## 【0033】

本発明の請求項2記載のフィルタは、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタ



ンス回路（２）と、第１のコンデンサ（６）とからなる第１の積分器と、

第１の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換する第２のトランスコンダクタンス回路（３）と、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換して第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力電流から減算する第３のトランスコンダクタンス回路（５）と、第２のコンデンサ（７）とからなる第２の積分器とを備えている。

【 0 0 3 4 】

そして、第２の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子（１）の電圧とを加算してなり、第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力端子をフィルタ出力端子（１０）としている。

【 0 0 3 5 】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第３のトランスコンダクタンス回路を設け、第３のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第２のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算するようにしたので、第３のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第１または第２のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ベルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、第１または第２のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

【 0 0 3 6 】

本発明の請求項３記載のフィルタは、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換する第１のトランスコンダクタンス回路（２）と、第１のコンデンサ（６）とからなる第１の積分器と、

第１の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換する第２のトランスコンダクタンス回路（３）と、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換して第２のトラ

ンスコンダクタンス回路（３）の出力電流に加算する第３のトランスコンダクタンス回路（４）と、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換して第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力電流から減算する第４のトランスコンダクタンス回路（５）と、第２のコンデンサ（７）とからなる第２の積分器とを備えている。

## 【0037】

そして、第２の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子（１）の電圧とを加算してなり、第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力端子をフィルタ出力端子（１０）としている。

## 【0038】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第３および第４のトランスコンダクタンス回路を設け、第３のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第２のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算し、第４のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第２のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算するようにしたので、第３または第４のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第１または第２のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ベルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、第１または第２のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

## 【0039】

本発明の請求項４記載のフィルタは、請求項３記載のフィルタにおいて、第３のトランスコンダクタンス回路（４）のトランスコンダクタンス値が第４のトランスコンダクタンス回路（５）のトランスコンダクタンス値より大きいことを特徴とする。

## 【0040】

この構成によれば、第１の積分器に位相遅れがある時にこの位相遅れを補償し

、素子バラツキに強い位相補償が可能なフィルタを構成することができる。

【0041】

本発明の請求項5記載のフィルタは、請求項3記載のフィルタにおいて、第3のトランスコンダクタンス回路(4)のトランスコンダクタンス値が第4のトランスコンダクタンス回路(5)のトランスコンダクタンス値より小さいことを特徴とする。

【0042】

この構成によれば、第1の積分器に位相進みがある時にこの位相進みを補償し、素子バラツキに強い位相補償が可能なフィルタを構成することができる。

【0043】

本発明の請求項6記載のノッチフィルタは、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路(2)と、第1のコンデンサ(6)とからなる第1の積分器と、第1の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路(3)と、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換して第2のトランスコンダクタンス回路(3)の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路(4)と、第2のコンデンサ(7)とからなる第2の積分器とを備えている。

【0044】

そして、第2の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子(1)の電圧とを加算してなり、第2のトランスコンダクタンス回路(3)の出力端子をフィルタ出力端子(10)としている。

【0045】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3のトランスコンダクタンス回路を設け、第3のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算するようにしたので、第3のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1または第2のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があつて

も、それをキャンセルして減衰量を十分に得ることができる。

【0046】

本発明の請求項7記載のノッチフィルタは、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路(2)と、第1のコンデンサ(6)とからなる第1の積分器と、

第1の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路(3)と、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換して第2のトランスコンダクタンス回路(3)の出力電流から減算する第3のトランスコンダクタンス回路(5)と、第2のコンデンサ(7)とからなる第2の積分器とを備えている。

【0047】

そして、第2の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子(1)の電圧とを加算してなり、第2のトランスコンダクタンス回路(3)の出力端子をフィルタ出力端子(10)としている。

【0048】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3のトランスコンダクタンス回路を設け、第3のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算するようにしたので、第3のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1または第2のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルして減衰量を十分に得ることができる。

【0049】

本発明の請求項8記載のノッチフィルタは、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路(2)と、第1のコンデンサ(6)とからなる第1の積分器と、

第1の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路(3)と、フィルタ入力端子(1)の電圧とフィルタ出力端子(10)の電圧との差を電圧電流変換して第2のトラ

ンスコンダクタンス回路（３）の出力電流に加算する第３のトランスコンダクタンス回路（４）と、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換して第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力電流から減算する第４のトランスコンダクタンス回路（５）と、第２のコンデンサ（７）とからなる第２の積分器とを備えている。

## 【００５０】

そして、第２の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子（１）の電圧とを加算してなり、第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力端子をフィルタ出力端子（１０）としている。

## 【００５１】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第３および第４のトランスコンダクタンス回路を設け、第３のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第２のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算し、第４のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第２のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算するようにしたので、第３または第４のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第１または第２のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルして減衰量を十分に得ることができる。

## 【００５２】

本発明の請求項９記載のオールパスフィルタは、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換する第１のトランスコンダクタンス回路（２）と、第１のコンデンサ（６）とからなる第１の積分器と、

第１の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換する第２のトランスコンダクタンス回路（３）と、フィルタ入力端子（１）の電圧とフィルタ出力端子（１０）の電圧との差を電圧電流変換して第２のトランスコンダクタンス回路（３）の出力電流から減算する第３のトランスコンダクタンス回路（５）と、第２のコンデンサ（７）とからなる第２の積分器とを備えている。

## 【 0 0 5 3 】

そして、第2の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子（1）の電圧とを加算してなり、第2のトランスコンダクタンス回路（3）の出力端子をフィルタ出力端子（10）としている。

## 【 0 0 5 4 】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3のトランスコンダクタンス回路を設け、第3のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算するようにしたので、第3のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1または第2のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルして高精度なオールパスフィルタ特性を得ることができ、しかも素子バラツキに強いものが得られる。

## 【 0 0 5 5 】

本発明の請求項10記載のオールパスフィルタは、フィルタ入力端子（1）の電圧とフィルタ出力端子（10）の電圧との差を電圧電流変換する第1のトランスコンダクタンス回路（2）と、第1のコンデンサ（6）とからなる第1の積分器と、

第1の積分器の出力電圧とフィルタ出力端子（10）の電圧との差を電圧電流変換する第2のトランスコンダクタンス回路（3）と、フィルタ入力端子（1）の電圧とフィルタ出力端子（10）の電圧との差を電圧電流変換して第2のトランスコンダクタンス回路（3）の出力電流に加算する第3のトランスコンダクタンス回路（4）と、フィルタ入力端子（1）の電圧とフィルタ出力端子（10）の電圧との差を電圧電流変換して第2のトランスコンダクタンス回路（3）の出力電流から減算する第4のトランスコンダクタンス回路（5）と、第2のコンデンサ（7）とからなる第2の積分器とを備えている。

## 【 0 0 5 6 】

そして、第2の積分器の出力電圧とフィルタ入力端子（1）の電圧とを加算してなり、第2のトランスコンダクタンス回路（3）の出力端子をフィルタ出力端子（10）としている。

## 【0057】

この構成によれば、フィルタ入力端子の電圧とフィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3および第4のトランスコンダクタンス回路を設け、第3のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流に加算し、第4のトランスコンダクタンス回路の出力電流を第2のトランスコンダクタンス回路の出力電流から減算するようにしたので、第3または第4のトランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1または第2のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルして高精度なオールパスフィルタ特性を得ることができ、しかも素子バラツキに強いものが得られる。

## 【0058】

本発明の請求項11記載のフィルタは、正相フィルタ入力端子(1A)の電圧および負相フィルタ入力端子(1B)の電圧の差を電圧電流変換する第1の全差動トランスコンダクタンス回路(20)と、正相フィルタ出力端子(10A)の電圧および負相フィルタ出力端子(10B)の電圧の差を電圧電流変換する第2の全差動トランスコンダクタンス回路(13)と、第1のコンデンサ(60)とからなる第1の積分器と、

第1の積分器の正極性出力端子の電圧と負極性出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3の全差動トランスコンダクタンス回路(14)と、正相フィルタ入力端子(1A)の電圧と正相フィルタ出力端子(10A)の電圧との差を電圧電流変換し、出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路(14)の出力電流に正極性で加算する第4の全差動トランスコンダクタンス回路(40)と、負相フィルタ入力端子(1B)の電圧と負相フィルタ出力端子(10B)の電圧との差を電圧電流変換し、出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路(14)の出力電流に逆極性で加算する第5の全差動トランスコンダクタンス回路(50)と、正相フィルタ出力端子と負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第6の全差動トランスコンダクタンス回路(30)と、第2のコンデンサ(71, 72)とからなる第2の積分器とを備えている。

## 【0059】

そして、第2の積分器の正極性出力端子の電圧と正相フィルタ入力端子（1 A）の電圧とを加算するとともに、第2の積分器の負極性出力端子の電圧と負相フィルタ入力端子（1 B）の電圧とを加算してなり、第3の全差動トランスコンダクタンス回路（1 4）の正極性出力端子および負極性出力端子を正相フィルタ出力端子（1 0 A）および負相フィルタ出力端子（1 0 B）としている。

## 【0 0 6 0】

この構成によれば、第2の積分器に、正相フィルタ入力端子の電圧と正相フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第4の全差動トランスコンダクタンス回路と、負相フィルタ入力端子の電圧と負相フィルタ出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第4の全差動トランスコンダクタンス回路とを追加し、第4の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に正極性で加算し、第5の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に逆極性で加算するようにしたので、第4または第5の全差動トランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1、第2または第3の全差動トランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ペルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、第1、第2、第3の全差動トランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

## 【0 0 6 1】

本発明の請求項1 2記載のフィルタは、正相フィルタ入力端子（1 A）の電圧および負相フィルタ入力端子（1 B）の電圧の差を電圧電流変換する第1の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ出力端子（1 0 A）の電圧および負相フィルタ出力端子（1 0 B）の電圧の差を電圧電流変換する第2の全差動トランスコンダクタンス回路と、第1のコンデンサ（6 0）とからなる第1の積分器と、

第1の積分器の正極性出力端子の電圧と負極性出力端子の電圧との差を電圧電流変換する第3の全差動トランスコンダクタンス回路（1 4）と、正相フィルタ



入力端子（1 A）の電圧および負相フィルタ入力端子（1 B）の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路（14）の出力電流に正極性で加算する第4の全差動トランスコンダクタンス回路（40）と、正相フィルタ入力端子（1 A）の電圧および負相フィルタ入力端子（1 B）の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路（14）の出力電流に逆極性で加算する第5の全差動トランスコンダクタンス回路（50）と、正相フィルタ出力端子（10 A）の電圧および負相フィルタ出力端子（10 B）の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路（14）の出力電流に正極性で加算する第6の全差動トランスコンダクタンス回路（18）と、正相フィルタ出力端子（10 A）の電圧および負相フィルタ出力端子（10 B）の電圧の差を電圧電流変換し、出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路（14）の出力電流に逆極性で加算する第7の全差動トランスコンダクタンス回路（19）と、正相フィルタ出力端子と負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第8の全差動トランスコンダクタンス回路（30）と、第2のコンデンサ（71, 72）とからなる第2の積分器とを備えている。

## 【0062】

そして、第2の積分器の正極性出力端子の電圧と正相フィルタ入力端子（1 A）の電圧とを加算するとともに、第2の積分器の負極性出力端子の電圧と負相フィルタ入力端子（1 B）の電圧とを加算してなり、第3の全差動トランスコンダクタンス回路の正極性出力端子および負極性出力端子を正相フィルタ出力端子（10 A）および負相フィルタ出力端子（10 B）としている。

## 【0063】

この構成によれば、第2の積分器に、正相フィルタ入力端子の電圧および負相フィルタ入力端子の電圧の差を電圧電流変換する第4および第5の全差動トランスコンダクタンス回路と、正相フィルタ出力端子の電圧および負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する第6および第7の全差動トランスコンダクタンス回路とを追加し、第4および第6の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に正極性で加算し

、第5および第7の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流を第3の全差動トランスコンダクタンス回路の出力電流に逆極性で加算するようにしたので、第4、第5、第6または第7の全差動トランスコンダクタンス回路を調整することによって、第1、第2、第3の全差動トランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ベルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、第1、第2、第3のトランスコンダクタンス回路に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

【0064】

【発明の実施の形態】

図1は本発明の第1の実施の形態であり、以下図をもとに説明する。

【0065】

図1において、1はフィルタ入力端子を示し、2、3、4、5はトランスコンダクタンス回路（トランスコンダクタンス値  $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$ ,  $g_{m3}$ ,  $g_{m4}$ ）を示し、6、7はコンデンサ（容量値  $C_1$ ,  $C_2$ ）を示し、8、9は電圧バッファ回路を示している。また、10はフィルタ出力端子を示し、12は接地端子を示している。トランスコンダクタンス回路2、3、4、5のトランスコンダクタンス値を  $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$ ,  $g_{m3}$ ,  $g_{m4}$  とし、コンデンサ6、7の容量値を  $C_1$ ,  $C_2$  とするとフィルタ入力端子1からフィルタ出力端子10までのその伝達関数  $H(s)$  は以下のごとく表される。

【0066】

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o / V_{in} \\ &= [s^2 + s(g_{m3} - g_{m4}) / C_2 + g_{m1}g_{m2} / (C_1C_2)] \\ &\quad / [s^2 + s(g_{m2} + g_{m3} - g_{m4}) / C_2 + g_{m1}g_{m2} / (C_1C_2)] \\ &\dots\dots (6) \end{aligned}$$

したがって、ここで、 $g_{m3} = g_{m4}$  とすると、ノッチフィルタとなる。

【0067】

ここで、トランスコンダクタンス  $g_{m1}$  の周波数特性を  $G(s) = \omega a / (s + \omega a)$  と

し、出力抵抗  $R_L$  を含んだ伝達関数  $H(s)$  を以下のごとくに近似する。

【0068】

$$H(s) = V_o / V_{in}$$

$$= (s^2 + s(1/C_1 R_L + (g_{m3} - g_{m4})/C_2 - g_{m1} g_{m2}/C_1 C_2 \omega a) + g_{m1} g_{m2}/(C_1 C_2))$$

$$/ (s^2 + s((g_{m2} + g_{m3} - g_{m4} - g_{m1} g_{m2} \omega a/C_1)/C_2 + 1/C_1 R_L) + (g_{m1} + 1/R_L) g_{m2}/(C_1 C_2))$$

..... (7)

となる。

【0069】

ここで、分子の1次の項を0にするためには、

$$g_{m3} - g_{m4} = g_{m1} g_{m2}/C_1 \omega a - C_2/(C_1 R_L) \quad \text{..... (8)}$$

に選べば完全なノッチ特性を得ることが可能となる。

【0070】

したがって、トランスコンダクタンス回路の非理想効果をキャンセルすることが可能である。

【0071】

また、式(6)において、 $g_{m3} = 0$ 、 $g_{m2} = 2 \cdot g_{m4}$ のときは、オールパスフィルタを構成することが可能である。

【0072】

また、同式において、 $2(g_{m4} - g_{m3}) < g_{m2}$ のときは、ディップフィルタを構成する。

【0073】

また、同式において、 $2(g_{m4} - g_{m3}) > g_{m2}$ のときは、ペルフィルタとなる。

【0074】

以上説明したように、本発明の第1の実施の形態によれば、フィルタ入力端子1の電圧とフィルタ出力端子10の電圧との差を電圧電流変換するトランスコンダクタンス回路4、5を設け、トランスコンダクタンス回路4の出力電流をトランスコンダクタンス回路3の出力電流に加算し、トランスコンダクタンス回路5の出力電流をトランスコンダクタンス回路3の出力電流から減算するようにしたので、トランスコンダクタンス回路4、5を調整することによって、トランスコ

ンダクタンス回路 2, 3 に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ベルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、トランスコンダクタンス回路 2, 3 に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

## 【 0 0 7 5 】

なお、他の種類のフィルタについても、同様にトランスコンダクタンス回路の非理想効果の伝達関数に与える理想からのずれを補正することが可能である。

## 【 0 0 7 6 】

なお、上記の実施の形態では、トランスコンダクタンス回路 4 0, 5 0 の両方を設けていたが、非理想特性のキャンセル、あるいは目標とするフィルタ特性を得るためには、トランスコンダクタンス回路 4 0, 5 0 の両方が必要とは限らず

目標とする特性に調整するために、何れか一方のみを設けるだけでよい場合もある。

## 【 0 0 7 7 】

また、電圧バッファ回路 8, 9 については省略することも可能である。

## 【 0 0 7 8 】

以上は、請求項 1 ~ 1 0 に対応した実施の形態の説明であったが、以下に請求項 1 1, 1 2 にそれぞれ対応した実施の形態について説明する。

## 【 0 0 7 9 】

本発明の第 2 の実施の形態（請求項 1 1 に対応）を図 2 に示す。図 2 において、1 A は正相フィルタ入力端子を示し、1 B は負相フィルタ入力端子を示し、2 0, 3 0, 4 0, 5 0, 1 3, 1 4 は全差動トランスコンダクタンス回路を示し、6 0, 7 1, 7 2 はコンデンサを示している。全差動トランスコンダクタンス回路（トランスコンダクタンス値  $g_{m3}$ ,  $g_{m4}$ ）4 0, 5 0 が追加された以外は図 6 の従来例と同様である。

## 【 0 0 8 0 】

この回路の伝達関数  $H(s)$  はトランスコンダクタンス回路 2 0, 3 0, 4 0

、50、13、14のトランスコンダクタンス値をそれぞれ、 $g_{m1}$ 、 $g_{m2}$ 、 $g_{m3}$ 、 $g_{m4}$ 、 $g_{m5}$ 、 $g_{m6}$ とし、コンデンサ60の容量値を $C1$ 、コンデンサ71、72の容量値を $C21$ 、 $C22$ とし、 $C21=C22=C2$ とすると、伝達関数 $H(s)$ は

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o / V_{in} \\ &= (s^2 + s((g_{m3} - g_{m4})/C2) + 2g_{m1}g_{m6}/(C1C2)) \\ &\quad / (s^2 + s((2g_{m2} - g_{m3} + g_{m4})/C2) + (2g_{m5}g_{m6}/(C1C2))) \quad \dots\dots (9) \end{aligned}$$

となり、 $g_{m3}=g_{m4}$ のときはノッチフィルタとなる。

【0081】

また、 $g_{m4}-g_{m3}=g_{m2}$ の時はオールパスフィルタとなる。

【0082】

しかしながら、図5に示したように、トランスコンダクタンス回路の非理想効果のため、ノッチフィルタの伝達関数 $H(s)$ に1次の項が残ってしまう。

【0083】

1次の項は非理想効果の成分 $S \cdot A - S \cdot B$  ( $S=j\omega$ 、 $A$ 、 $B$ は正の値)を追加して ( $g_{m3}-g_{m4})/C2+(A-B)$ となるため、完全にノッチにするためには、( $g_{m3}-g_{m4})/C2+(A-B)=0$ となるように $g_{m3}$ 、 $g_{m4}$ を選べば良い。

【0084】

この実施の形態によれば、トランスコンダクタンス回路13とコンデンサ60で構成される積分器に、正相フィルタ入力端子1Aの電圧と正相フィルタ出力端子10Aの電圧との差を電圧電流変換する全差動トランスコンダクタンス回路40と、負相フィルタ入力端子1Bの電圧と負相フィルタ出力端子10Bの電圧との差を電圧電流変換する全差動トランスコンダクタンス回路50とを追加し、全差動トランスコンダクタンス回路40の出力電流を全差動トランスコンダクタンス回路14の出力電流に正極性で加算し、全差動トランスコンダクタンス回路50の出力電流を全差動トランスコンダクタンス回路14の出力電流に逆極性で加算するようにしたので、全差動トランスコンダクタンス回路40、50を調整することによって、全差動トランスコンダクタンス回路20、30、13、14に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィ

ルタ、ベルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、全差動トランスコンダクタンス回路20, 30, 13, 14に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

## 【0085】

なお、非理想特性のキャンセル、あるいは目標とするフィルタ特性を得るためには、全差動トランスコンダクタンス回路40, 50の何れか一方を省くことも可能である。

## 【0086】

また、他の種類のフィルタについても同様に、トランスコンダクタンス回路の非理想効果が伝達関数に与える誤差を修正することが可能である。

## 【0087】

本発明の第3の実施の形態（請求項12に対応）を図3に示す。図3において、1Aは正相フィルタ入力端子を示し、1Bは負相フィルタ入力端子を示し、20, 30, 40, 50, 13, 14, 18, 19は全差動トランスコンダクタンス回路を示し、60, 71, 72はコンデンサを示している。全差動トランスコンダクタンス回路40, 50, 18, 19を追加した以外は、図6の従来例と同様である。

## 【0088】

この回路の伝達関数 $H(s)$ は、トランスコンダクタンス回路20, 30, 40, 50, 13, 14, 18, 19のトランスコンダクタンス値をそれぞれ、 $g_{m1}$ ,  $g_{m2}$ ,  $g_{m3}$ ,  $g_{m4}$ ,  $g_{m5}$ ,  $g_{m6}$ ,  $g_{m7}$ ,  $g_{m8}$ とし、コンデンサ60の容量値を $C_1$ とし、コンデンサ71, 72の容量値 $C_{21}$ ,  $C_{22}$ とし、 $C_{21}=C_{22}=C_2$ とすると、伝達関数 $H(s)$ は

$$\begin{aligned} H(s) &= V_o / V_{in} \\ &= (s^2 + s((g_{m3} - g_{m4})C_2) + 2g_{m1}g_{m6}/(C_1C_2)) \\ &\quad / (s^2 + s((g_{m2} + g_{m7} - g_{m8})/C_2) + (2g_{m5}g_{m6}/(C_1C_2))) \quad \dots\dots (10) \end{aligned}$$

となり、 $g_{m3}=g_{m4}$ のときはノッチフィルタとなる。

## 【0089】

また、 $gm4-gm3=gm2+gm7-gm8$ 、の時はオールパスフィルタとなる。

【0090】

しかしながら、図5に示したように、トランスコンダクタンス回路の非理想効果のため、ノッチフィルタの伝達関数  $H(s)$  に1次の項がのこってしまう。

【0091】

1次の項は非理想効果の成分  $S \cdot A - S \cdot B$  ( $S=j\omega$ 、 $A$ 、 $B$ は正の値) を追加して  $(gm3-gm4)/C2+(A-B)$  となるため、完全にノッチにするためには、 $(gm3-gm4)/C2+(A-B)=0$  となるように  $gm3, gm4$  を選ぶ必要がある。

【0092】

この実施の形態によれば、トランスコンダクタンス回路13とコンデンサ60で構成される積分器に、正相フィルタ入力端子1Aの電圧および負相フィルタ入力端子1Bの電圧の差を電圧電流変換する全差動トランスコンダクタンス回路40、50と、正相フィルタ出力端子の電圧および負相フィルタ出力端子の電圧の差を電圧電流変換する全差動トランスコンダクタンス回路18、19とを追加し、全差動トランスコンダクタンス回路40、18の出力電流を全差動トランスコンダクタンス回路14の出力電流に正極性で加算し、全差動トランスコンダクタンス回路50、19の出力電流を全差動トランスコンダクタンス回路14の出力電流に逆極性で加算するようにしたので、全差動トランスコンダクタンス回路40、50、18、19を調整することによって、全差動トランスコンダクタンス回路20、30、13、14に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタ、オールパスフィルタ、ペルフィルタ、ディップフィルタ等の所望のフィルタ特性を高い精度で得ることができ、素子バラツキに強いものが得られる。とりわけ、全差動トランスコンダクタンス回路20、30、13、14に非理想特性があっても、それをキャンセルしてノッチフィルタの減衰量を十分に得ることができる。

【0093】

なお、非理想特性のキャンセル、あるいは目標とするフィルタ特性を得るためには、全差動トランスコンダクタンス回路40、50の何れか一方、全差動トランスコンダクタンス回路18、19の何れか一方を省くことも可能である。

## 【0094】

なお、他の種類のフィルタについても、トランスコンダクタンスの非理想効果による伝達関数の分母、分子の1次の項のずれを補正して理想状態にすることが可能である。

## 【0095】

オールパスフィルタについても(10)式において、分子に1次の項の非理想効果の成分 $S \cdot A - S \cdot B$ を追加して、 $(g_{m3} - g_{m4})/C2 + (A - B)$ となるため、完全にオールパスフィルタとするためには、 $(g_{m4} - g_{m3})/C2 + (B - A) = (g_{m2} + g_{m7} - g_{m8})/C2$ となるよう $g_{m3}, g_{m4}, g_{m7}, g_{m8}$ を選ぶ必要がある。

## 【0096】

## 【発明の効果】

以上のように本発明によれば、オペアンプやトランスコンダクタンス回路の非理想効果をキャンセルし、理想的なノッチフィルタを実現することが可能である。またノッチの深さを制御することが可能であり、トランスコンダクタンス回路の非理想効果をキャンセルした高精度なオールパスフィルタも実現することができる。さらに、所望のフィルタ特性を高精度に得ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

## 【図1】

本発明の第1の実施の形態におけるフィルタ回路の構成を示す回路図である。

## 【図2】

本発明の第2の実施の形態におけるフィルタ回路の構成を示す回路図である。

## 【図3】

本発明の第3の実施の形態におけるフィルタ回路の構成を示す回路図である。

## 【図4】

従来のノッチフィルタ回路の構成を示す回路図である。

## 【図5】

従来のノッチフィルタの非理想効果を説明する特性図である。

## 【図6】

従来のノッチフィルタの第2の例を示す回路図である。



【図 7】

従来のノッチフィルタの非理想効果による積分器の誤差を示す特性図である。

【図 8】

従来のオールパスフィルタ回路の構成を示す回路図である。

【図 9】

各種フィルタ特性を示す特性図である。

【図 10】

トランスコンダクタンス回路 2 の具体的な回路例を示す回路図である。

【図 11】

全差動トランスコンダクタンス回路 20 の具体的な回路例を示す回路図である。

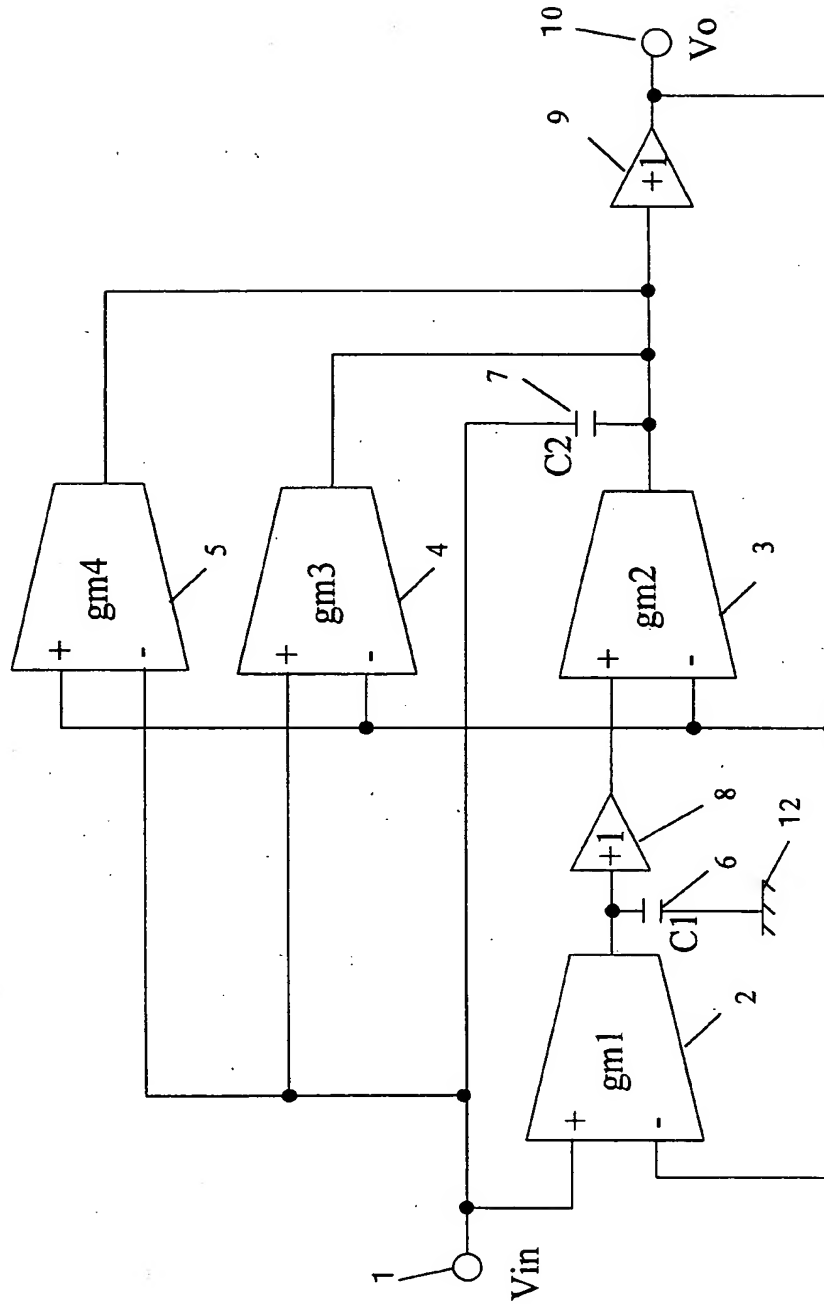
【符号の説明】

- 1      フィルタ入力端子
- 1 A    正相フィルタ入力端子
- 1 B    負相フィルタ入力端子
- 2, 3, 4, 5      トランスコンダクタンス回路
- 20, 30, 13, 14      全差動トランスコンダクタンス回路
- 40, 50, 18, 19      全差動トランスコンダクタンス回路
- 6, 7, 60, 71, 72      コンデンサ
- 8, 9      電圧バッファ回路
- 10      フィルタ出力端子
- 10 A    正相フィルタ出力端子
- 10 B    負相フィルタ出力端子
- 11      寄生出力抵抗
- 12      接地端子
- 15, 16      抵抗
- 17      オペアンプ

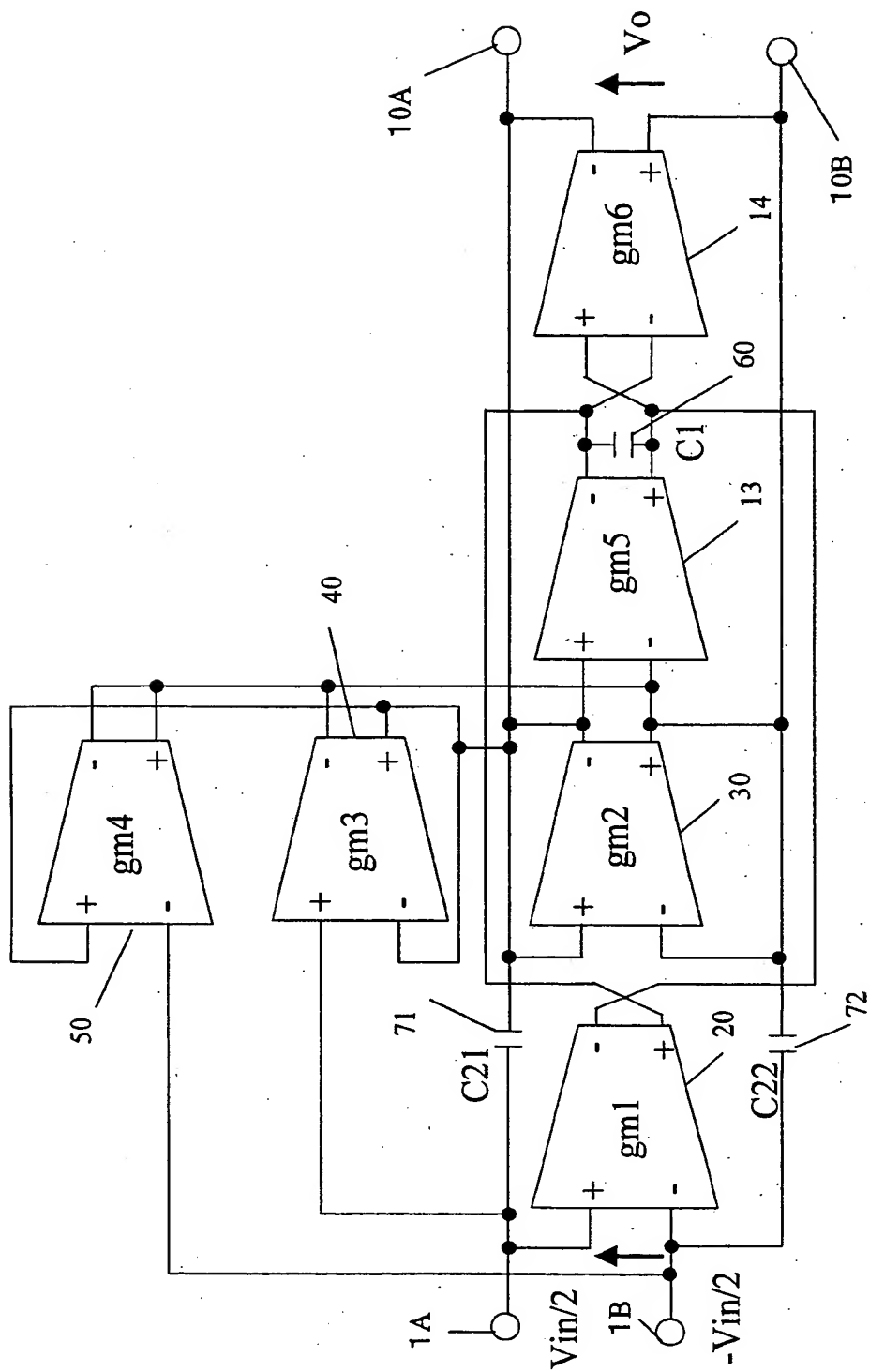
【書類名】

図面

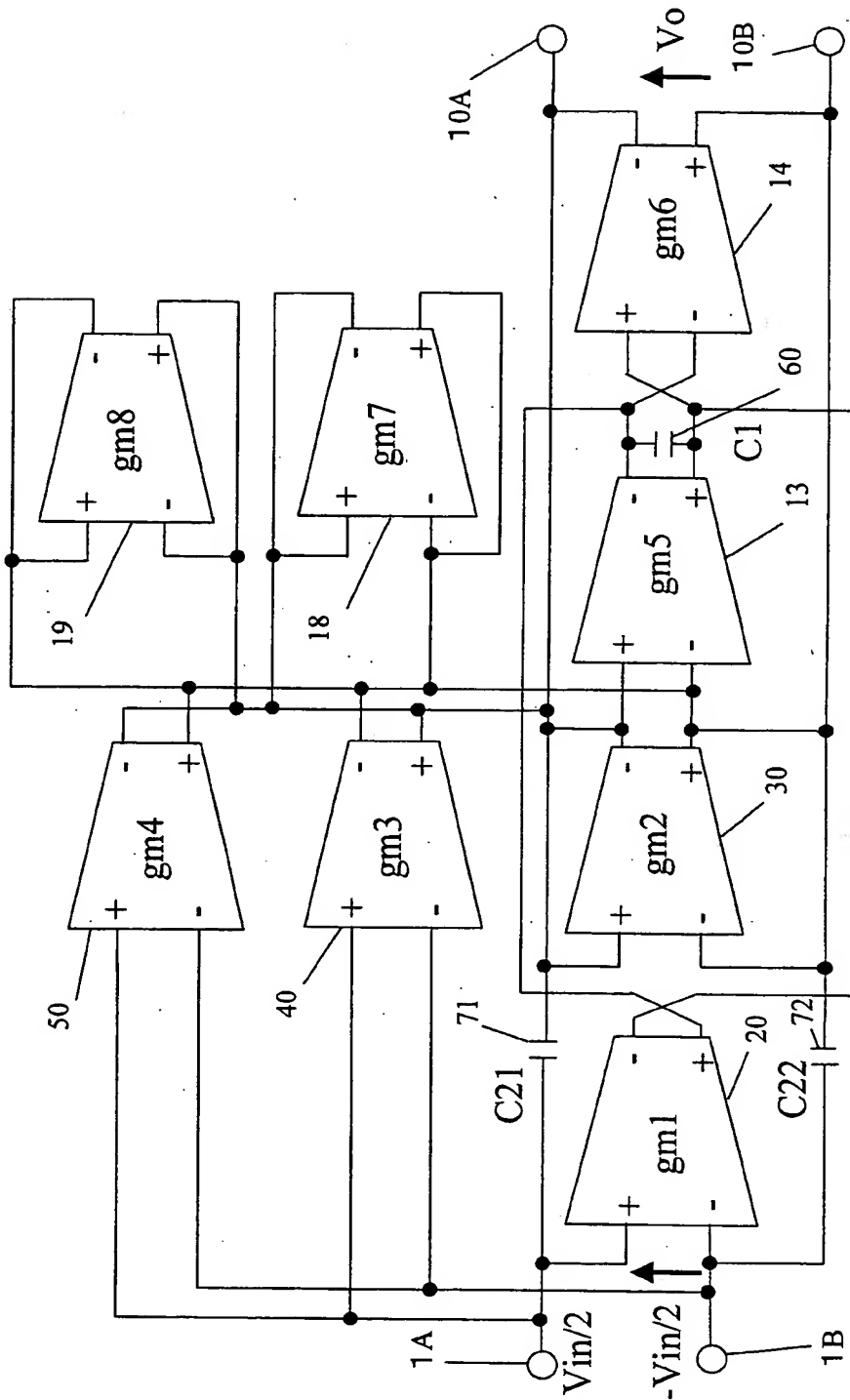
【図 1】



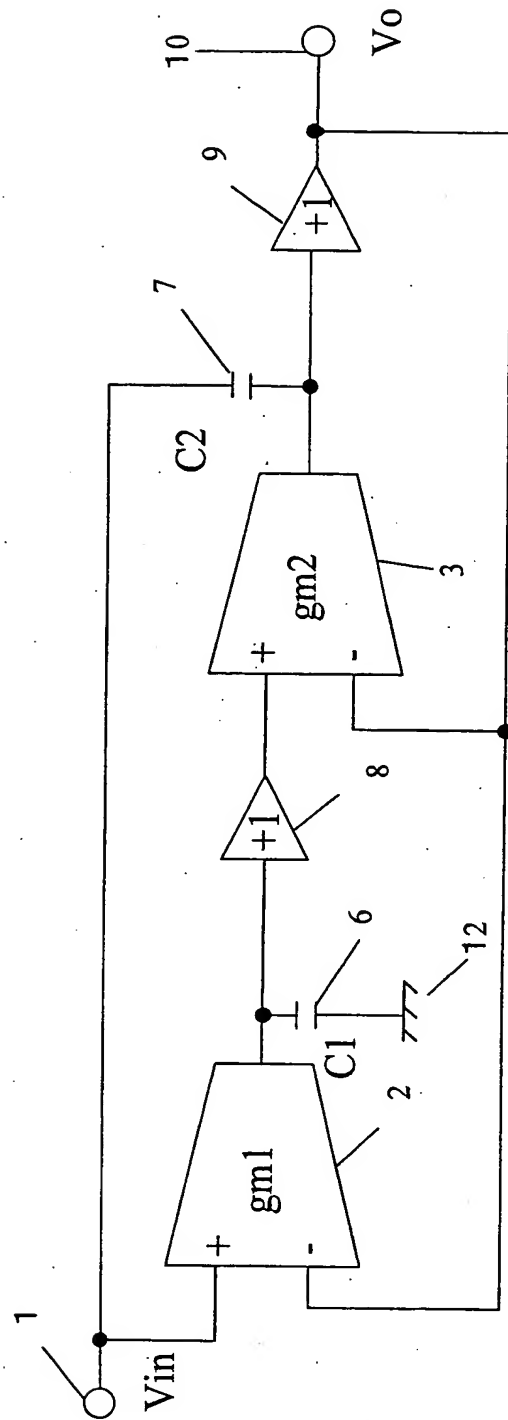
【図 2】



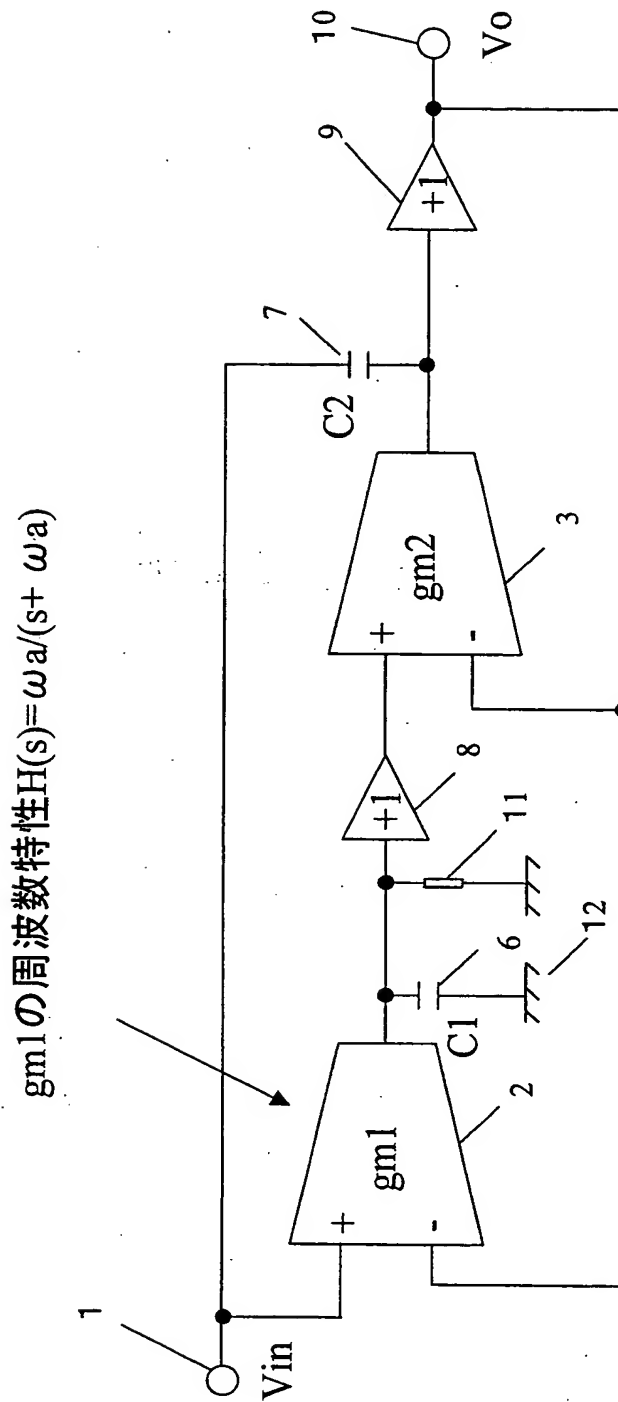
【図 3】



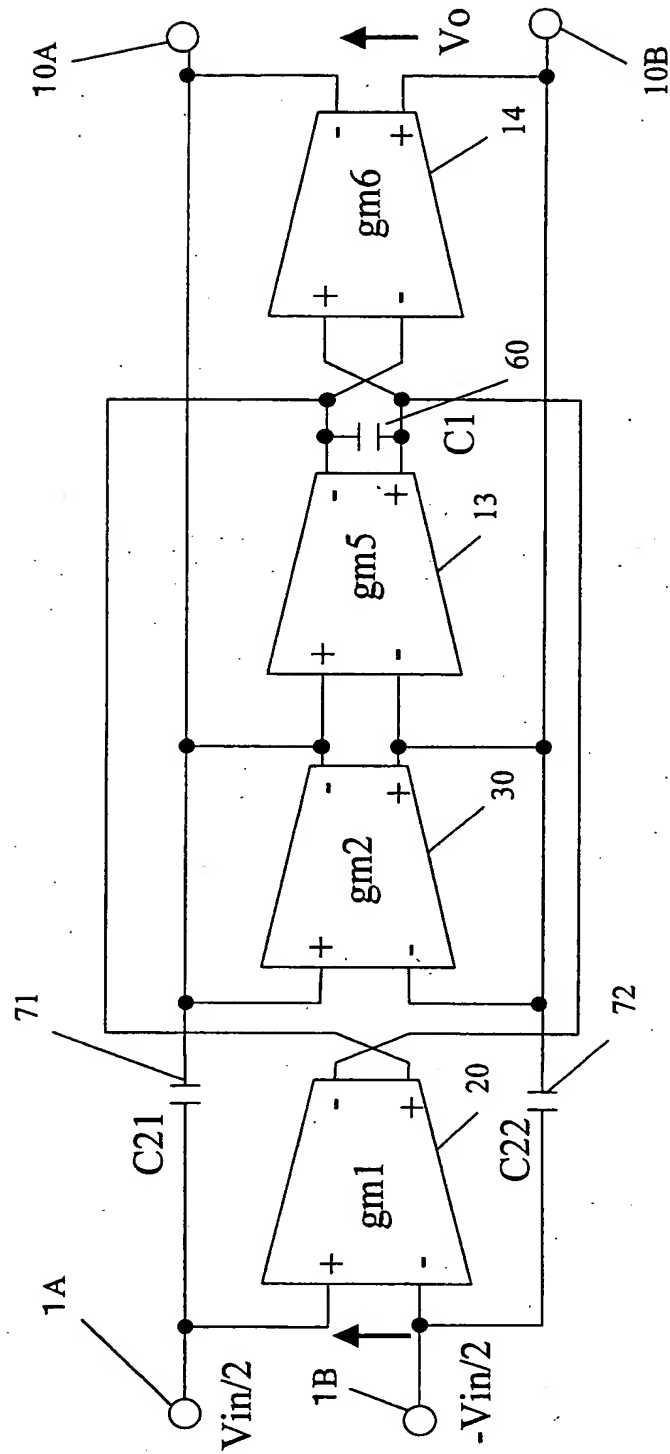
【図 4】



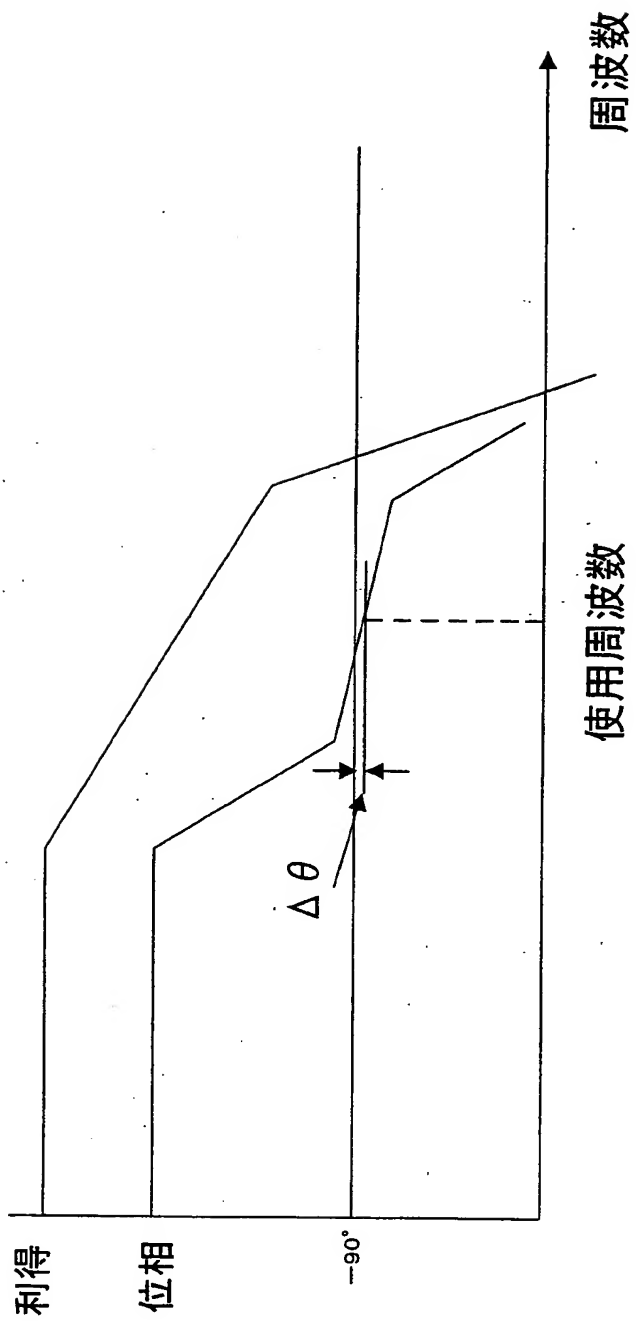
【図 5】



【図 6】

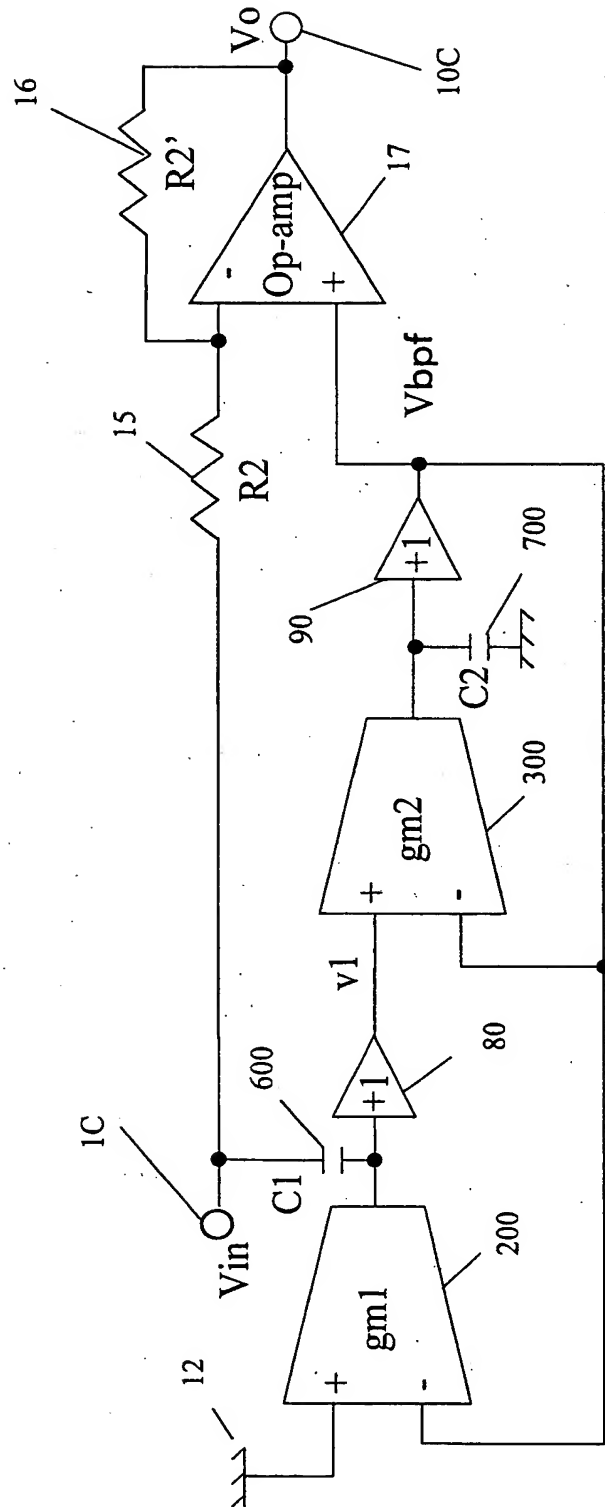


【图 7】

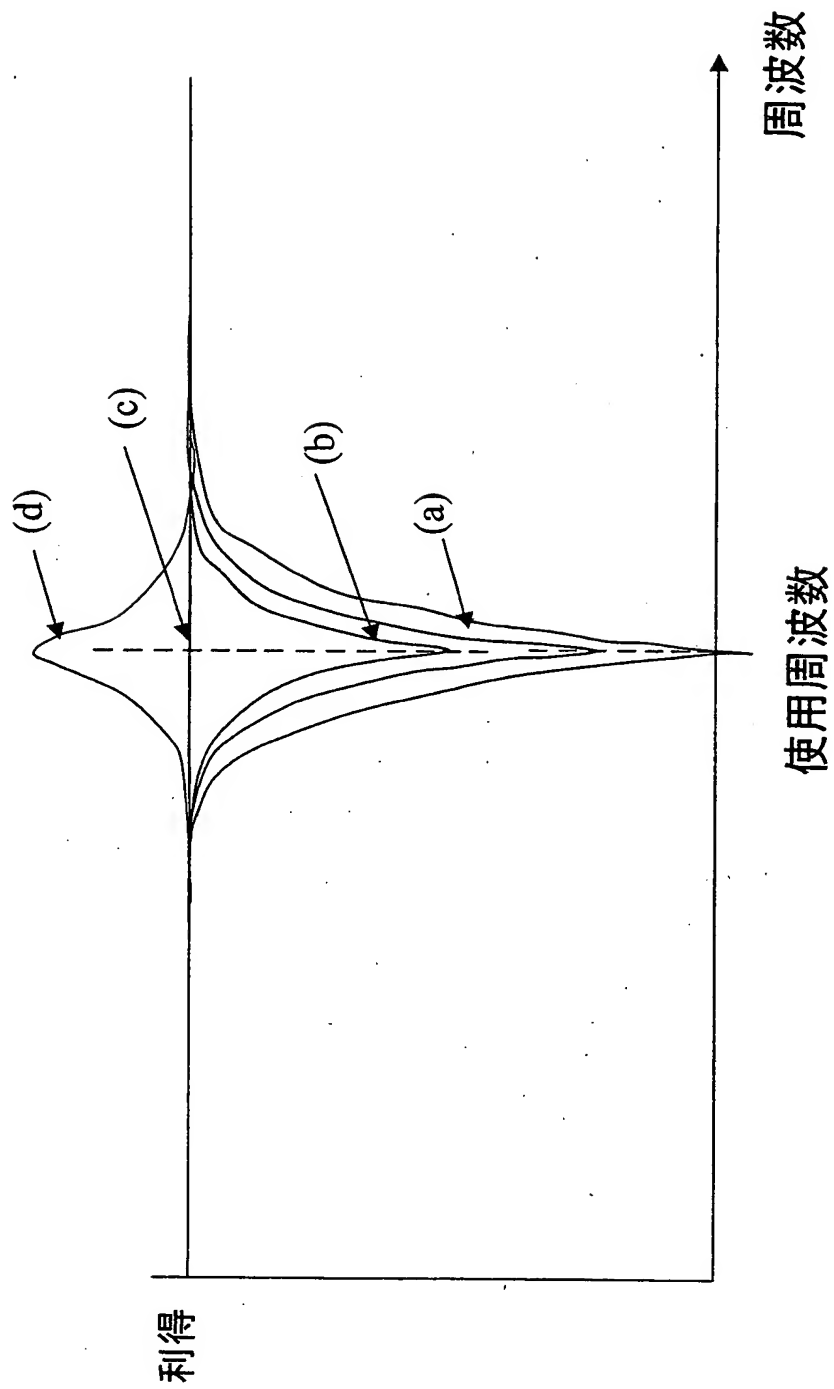




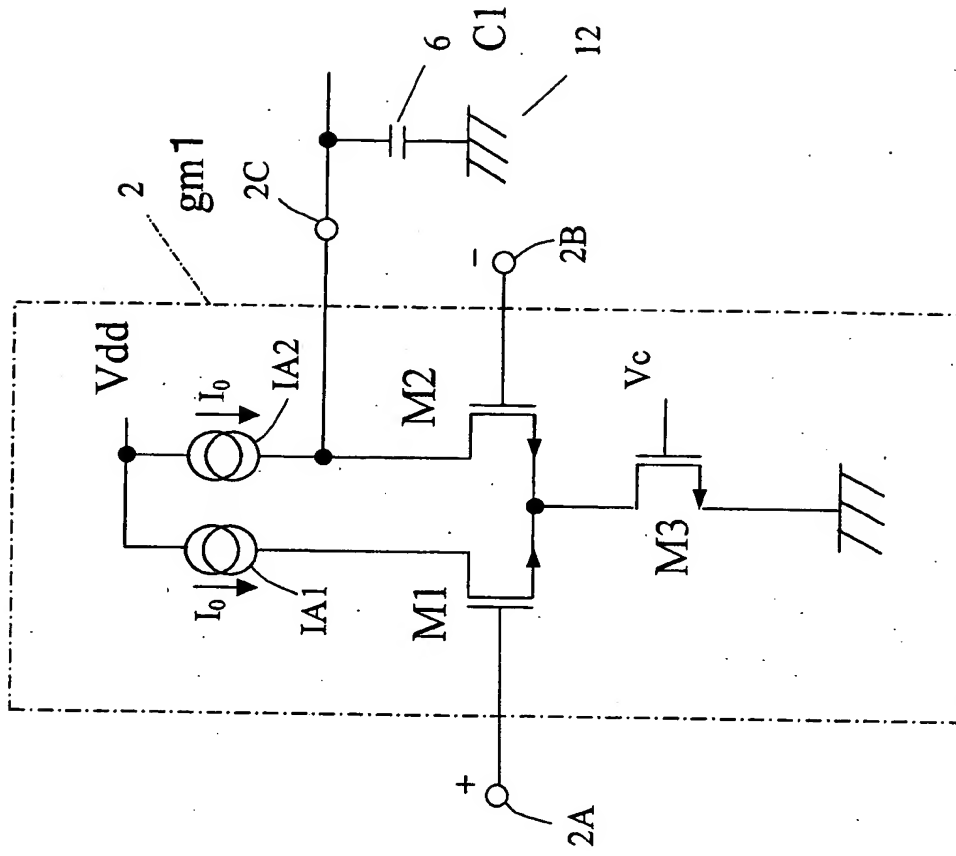
【図 8】



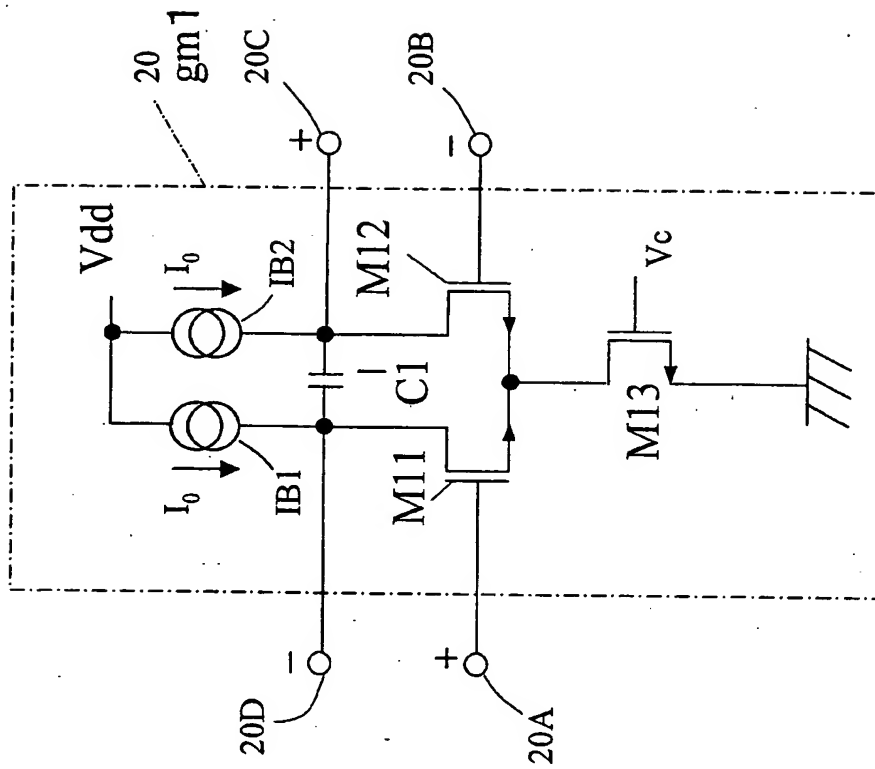
【图9】



【図 10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高精度のノッチフィルタ、オールパスフィルタを得る。

【解決手段】 トランスコンダクタンス回路 2, 3 とコンデンサ 6, 7 により構成される 2 つの積分器に対して、フィルタ入力端子 1 の電圧とフィルタ出力端子 10 の電圧との差を電圧電流変換するトランスコンダクタンス回路 4, 5 を追加し、トランスコンダクタンス回路 4 の出力電流をトランスコンダクタンス回路 3 の出力電流に加算し、トランスコンダクタンス回路 5 の出力電流をトランスコンダクタンス回路 3 の出力電流から減算するようにしたので、トランスコンダクタンス回路 4, 5 を調整することによって、トランスコンダクタンス回路 2, 3 に非理想特性があっても、それをキャンセルすることができる。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2003-061418
受付番号	50300374336
書類名	特許願
担当官	第七担当上席 0096
作成日	平成15年 3月10日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成15年 3月 7日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地

氏 名 松下電器産業株式会社